



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

Offenlegungsschrift  
DE 100 52 249 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 02 B 7/195  
G 02 B 5/10  
H 01 S 3/034  
B 23 K 26/06

21 Aktenzeichen: 100 52 249.1  
22 Anmeldetag: 21. 10. 2000  
43 Offenlegungstag: 25. 4. 2002

DE 100 52 249 A 1

71 Anmelder:  
LT Ultra-Precision-Technology GmbH, 88634  
Herdwangen-Schönach, DE

74 Vertreter:  
Dr. Weiss, Weiss & Brecht, 78234 Engen

72 Erfinder:  
Bischof, Dietmar, 88697 Bermatingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

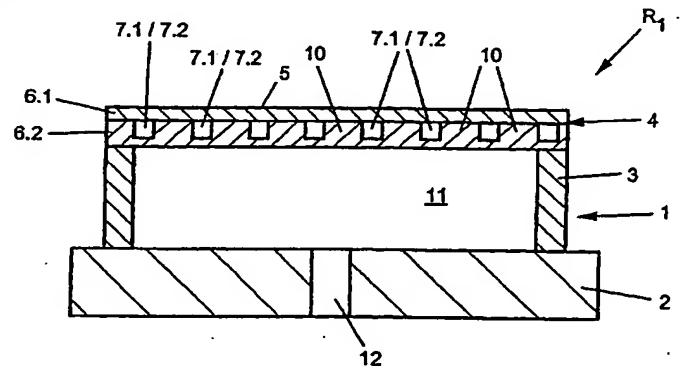
DE	44 15 008 C2
DE	43 08 315 A1
DE	43 04 059 A1
FR	22 85 620
US	47 70 521
US	46 74 848
US	43 86 986

FREEMAN, R.H., PEARSON, J.E.: Deformable mirrors  
for all seasons and reasons. In: Applied Optics,  
Vol.21, No.4, 15. Feb. 1982, S.580-588;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Deformierbarer Spiegel, insbesondere adaptiver Spiegel

57 Bei einem deformierbaren Spiegel, insbesondere adaptiver Spiegel als Laser-Strahlführungskomponente mit einem Gehäuse (1), welchem ein Spiegelement (4) zugeordnet ist, wobei das Spiegelement (4) verformbar ausgebildet ist, soll das Spiegelement (4) mittels eines Mediums kühlbar sein.



DE 100 52 249 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen deformierbaren Spiegel, insbesondere adaptiven Spiegel als Laser-Strahlführungskomponente mit einem Gehäuse, welchem ein Spiegelement zugeordnet ist, wobei das Spiegelement verformbar ausgebildet ist.

[0002] Derartige deformierbare Spiegel, insbesondere adaptive Spiegel sind insbesondere für das Umlenken bei Hochleistungslasern zum Schweißen, Oberflächenbeschichten, Laserschneiden etc. bekannt.

[0003] Dabei ist bekannt, dass beispielsweise deformierbare Spiegel mittels komplizierten und kostenaufwendigen mechanischen Aktuatoren mit Druck oder Zug beaufschlagt werden, um eine Spiegeloberfläche zu verformen.

[0004] Nachteilig daran ist, dass derartige deformierbare Spiegel thermischen Problemen, insbesondere im Langzeitbetrieb unterliegen.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen deformierbaren Spiegel der eingangs genannten Art zu schaffen, welcher die genannten Nachteile beseitigt und mit welchem auf einfache, kostengünstige und effektive Weise die Standzeit bei unabhängig wählbaren Aktuatoren zum Betätigen des deformierbaren Spiegels erhöht sein soll.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe führt, dass das Spiegelement mittels eines Mediums kühlbar ist.

[0007] Bei der vorliegenden Erfindung wird unmittelbar das Spiegelement, insbesondere im Bereich einer Oberfläche permanent gekühlt. Dabei besteht das Spiegelement aus zumindest einer Membran, vorzugsweise aus zwei Membranen, wobei die eine und/oder die andere Membran eine Mehrzahl von Kühlkanälen aufweist.

[0008] Diese Kühlkanäle sind im Bereich des Spiegelementes, insbesondere im Bereich einer äusseren Oberfläche, die zur Laserlichtumleitung dient, vorgesehen. Hierdurch wird eine direkte Kühlung der Spiegeloberfläche möglich.

[0009] Insbesondere durch eine spezielle Anordnung einzelner Kühlkanäle lassen sich sehr hohe Geschwindigkeiten des Kühlmediums innerhalb der Membran, insbesondere des Spiegelementes bei hohen Drücken fahren, wobei zusätzlich gewährleistet ist, dass das gesamte Spiegelement, insbesondere dessen Membrane immer noch durch beliebige Aktuatoren, seien sie mechanischer, hydraulischer, piezoelektrischer oder elektromechanischer Art, verformt werden können.

[0010] Bevorzugt wird die zumindest eine Membran bzw. das Spiegelement durch Druckbeaufschlagung eines Innenraumes mittels eines beliebigen Mediums oder durch Unterdruckbeaufschlagung adaptiv verformt, insbesondere deformiert nach aussen oder nach innen gewölbt. Dabei folgt völlig losgelöst und entkoppelt die Kühlung des Spiegelementes über die Kühlkanäle in der zumindest einen Membran. Auf diese Weise lässt sich das Spiegelement bei gleichzeitiger Kühlung, insbesondere die zumindest eine Membran mittels unterschiedlichsten Aktuatoren deformieren.

[0011] Ferner hat sich als vorteilhaft erwiesen, das Spiegelement oval auszubilden. Es kann jedoch auch rund ausgebildet sein.

[0012] Die einzelnen Kühlkanäle sind vorzugsweise parallel verlaufend und beabstandet angeordnet, wobei eine zweite Anordnung von Kühlkanälen vorzugsweise im rechten Winkel zur ersten Anordnung von Kühlkanälen parallel verlaufen und auch beabstandet vorgesehen ist, so dass sich ein rautenartiges Raster ergibt. Die einzelnen Stegelemente sind karoartig oder rechteckartig ausgebildet.

[0013] Bevorzugt werden die Kühlkanäle von wenigstens

einem Zulauf und zumindest einem Ablauf über die Zylinderwand und daran anschliessend eine Grundplatte mittels Kühlmittel versorgt. Als Kühlmittel kann ein gasförmiges Medium aber auch Flüssigkeit verwendet werden.

[0014] Ferner hat sich als vorteilhaft erwiesen, zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit und der Flüssigkeitsverteilung innerhalb des Spiegelementes, die einzelnen Kühlkanäle, bezogen auf eine Längsachse, jeweils diagonal anzuordnen.

[0015] Dabei sind, betrachtet von einem Zulauf bzw. einem Ablauf, die Kühlkanäle jeweils diagonal zu diesen angeordnet.

[0016] Hierdurch wird eine bessere Verteilung der Kühlflüssigkeit bzw. des Kühlmediums innerhalb der Kühlkanäle gewährleistet und zudem eine sehr hohe Durchströmungsgeschwindigkeit bei sehr hohen Drücken erzielt.

[0017] Es hat sich besonders als vorteilhaft erwiesen, die Stege, die zwischen den einzelnen Kühlkanälen gebildet sind, verhältnismässig grösser als die Kühlkanäle auszubilden, um eine grosse Lotoberfläche zu schaffen. Innen sind die Kühlkanäle von ihrer Oberfläche verhältnismässig klein zu den einzelnen, verbleibenden Stegen. Hierdurch wird gewährleistet, dass eine homogene Verformung des Spiegelementes, insbesondere deren gesamten Oberfläche gewährleistet bleibt. Auch können die Membrane dünner ausgebildet sein, bei Gewährleistung der homogenen Verformbarkeit der gesamten Fläche. Zudem wird durch die Anordnung und Ausbildung eine sehr grosse Kühlfläche, insbesondere durch die Anordnung der Kanäle gebildet, so dass eine Kühlung im Betrieb erfolgt.

[0018] Ein weiterer Vorteil bei der vorliegenden Erfindung ist, dass die Parameter, insbesondere die Kühlung der Spiegelfläche bzw. der Membrane unabhängig von der Verformbarkeit erfolgen kann. Dabei können unterschiedliche Aktuatoren oder Druckmittel die Oberfläche des Spiegels verformen, wobei unabhängig hiervon separat mittels des Kühlmediums und der Kühlkanäle Einfluss auf die Kühlung des Spiegelementes genommen werden kann. Dies soll ebenfalls im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegen.

[0019] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in

[0020] Fig. 1 eine Seitenansicht auf einen deformierbaren Spiegel, insbesondere auf einen adaptiven Spiegel;  
[0021] Fig. 2 einen Längsschnitt durch den deformierbaren Spiegel im Bereich einer Membran, insbesondere im Bereich von Kühlkanälen entlang Linie II-II gemäss Fig. 1;  
[0022] Fig. 3 einen schematisch dargestellten Querschnitt durch den deformierbaren Spiegel gemäss Fig. 1 entlang Linie III-III;

[0023] Fig. 4 einen Querschnitt durch den Spiegel gemäss Fig. 1 als weiteres Ausführungsbeispiel.

[0024] Gemäss Fig. 1 weist ein deformierbarer Spiegel R<sub>1</sub> ein Gehäuse 1 auf, welches aus einer Grundplatte 2, daran anschliessenden Zylinderwand 3 und stirnseitig abschliessendem Spiegelement 4 gebildet ist. Das Spiegelement 4 besitzt eine polierte Oberfläche 5 zum Umlenken von einfallendem Laserlicht.

[0025] Insbesondere zum Beeinflussen des Laserlichtes, welches auf die Oberfläche 5 auftrifft, ist das Spiegelement 4 deformierbar, insbesondere adaptiv ausgebildet.

[0026] Wie insbesondere aus der querschnittlichen Darstellung gemäss Fig. 3 hervorgeht, besteht das Spiegelement 4 aus zumindest einer Membran 6.1, 6.2, wobei die Membran 6.1 die o. g. Oberfläche 5 bildet.

[0027] Bevorzugt ist das Spiegelement 4 zweiteilig als Membran 6.1, 6.2 ausgebildet, wobei im bevorzugten Aus-

führungsbeispiel dem Spiegelement 4, insbesondere der Membran 6.2 eine Mehrzahl von Kühlkanälen 7.1, 7.2 zugeordnet sind.

[0028] Wie insbesondere in Fig. 1 gestrichelt angedeutet ist, werden die Kühlkanäle 7.1, 7.2 über einen Zulauf 8 und einen Ablauf 9 gespeist, wobei Zulauf 8 und Ablauf 9 die Grundplatte 2 durchgreifen und über die Zylinderwand 3 in das Spiegelement 4, insbesondere in dessen Kühlkanäle 7.1, 7.2 einmünden. Vorzugsweise liegen Zulauf 8 und Ablauf 9 auf einer Längsachse L der Membran 6.2 und sind vorzugsweise stirnseitig angeordnet.

[0029] Im bevorzugten Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2 ist das Spiegelement 4, insbesondere die Membran 6.1, 6.2 oval ausgebildet, wobei eine Längsachse L grösser ist als eine Querachse Q.

[0030] Eine weitere Besonderheit der vorliegenden Erfindung ist, dass die einzelnen Kühlkanäle 7.1 zueinander parallel verlaufen und beabstandet zueinander angeordnet sind und einen Winkel  $\alpha$  von etwa 30° bis 60°, vorzugsweise von 45° einschliessen.

[0031] Die Kühlkanäle 7.2 verlaufen vorzugsweise rechtwinklig und im gleichen Abstand ebenfalls parallel zu den Kühlkanälen 7.1 und schliessen einen Winkel  $\beta$  von etwa -30° bis -60°, vorzugsweise -45° zur Querachse Q ein.

[0032] Hierdurch entstehen zwischen den jeweiligen Kühlkanälen 7.1, 7.2 rechteckartige Stegelemente 10, welche die jeweiligen Membrane 6.1, 6.2 beabstanden.

[0033] Damit das Spiegelement 4, insbesondere die Membrane 6.1, 6.2 sich homogen über die vollständige Oberfläche kontinuierlich deformieren lassen, sind die Membran 6.1 und 6.2 fest, insbesondere formschlüssig miteinander verbunden.

[0034] Wie ferner aus Fig. 3 hervorgeht, ist zwischen dem Spiegelement 4, der Zylinderwand 3 und der Grundplatte 2 ein Innenraum 11 gebildet, der zur Aufnahme hier nicht dargestellter Aktuatoren od. dgl. dient. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist in der Grundplatte 2 eine Öffnung 12 gebildet, in welche beispielsweise ein kompressives oder vorzugsweise ein inkompressives Medium, wie beispielsweise Wasser oder Öl eingefüllt wird und mittels Druck oder Unterdruckbeaufschlagung des Spiegelement 4 deformiert wird, wobei bei Druckbeaufschlagung auf das Spiegelement, insbesondere die Membran 6.1, 6.2 nach aussen gewölbt und bei Unterdruck nach innen gewölbt wird. Hierdurch lässt sich beispielsweise eine Fokussierlage eines Lasers, welcher auf die Oberfläche 5 des Spiegelementes 4 auftrifft, beeinflusst.

[0035] In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 4 ist dargestellt, dass die einzelnen Kühlkanäle 7.1, 7.2 entweder in der Membran 6.1 und/oder in der Membran 6.2 vorgesehen sein können. Diese können auch in beiden Membranen 6.1, 6.2 überlappend vorgesehen sein, wobei diese querschnittlich rechteckartig, gewölbt, halbkreisartig und bei Überlappung rund ausgebildet sein können. Hier sei der Erfindung keine Grenze gesetzt.

[0036] Ferner soll auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegen, in den Innenraum 11, beispielsweise mechanisch, pneumatisch, hydraulisch oder piezoelektrisch betriebene Aktuatoren od. dgl. einzusetzen, um die Membran 6.1, 6.2 bzw. das Spiegelement 4 zu deformieren.

[0037] Wesentlich ist jedoch, dass unmittelbar eine Spiegeoberfläche 5, insbesondere die Membran 6.1 sehr gut gekühlt wird, um insbesondere die Standzeit durch diese direkte Kühlung der Oberfläche unabhängig von beliebigen Aktuatoren zur Deformierung des Spiegelementes zu kühlen.

[0038] Dabei soll auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegen, dass die Kühlkanäle in Längsrichtung und/

oder in Querrichtung oder in beliebigen Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  in den Membranen 7.1, 7.2 angeordnet sein können. Hierauf sei die vorliegende Erfindung nicht beschränkt.

#### Positionszahlenliste

- 1 Gehäuse
- 2 Grundplatte
- 3 Zylinderwand
- 4 Spiegelement
- 5 Oberfläche
- 6 Membran
- 7 Kühlkanal
- 8 Zulauf
- 9 Ablauf
- 10 Stegelement
- 11 Innenraum
- 12 Öffnung
- R<sub>1</sub> deformierb. Spiegel
- R<sub>2</sub> deformierb. Spiegel
- L Längsachse
- Q Querachse
- $\alpha$  Winkel
- $\beta$  Winkel

#### Patentansprüche

1. Deformierbarer Spiegel, insbesondere adaptiver Spiegel als Laser-Strahlführungskomponente mit einem Gehäuse (1), welchem ein Spiegelement (4) zugeordnet ist, wobei das Spiegelement (4) verformbar ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spiegelement (4) mittels eines Mediums kühlbar ist.
2. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spiegelement (4) eine Membran (6.1, 6.2) aufweist, welche ein- oder mehrteilig, insbesondere zweiteilig ausgebildet ist.
3. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem Spiegelement (4) eine Mehrzahl von Kühlkanälen (7.1, 7.2) zugeordnet ist.
4. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Membran (6.1, 6.2) des Spiegelementes (4) eine Mehrzahl von Kühlkanälen (7.1, 7.2) zugeordnet ist.
5. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlkanäle (7.1, 7.2) mit zumindest einem Zulauf (8) und zumindest einem Ablauf (9) in Verbindung stehen.
6. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlkanäle (7.1, 7.2) in der äusseren und/oder inneren Membran (6.1, 6.2) des Spiegelementes (4) vorgesehen sind.
7. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Spiegelement (4) rund oder oval ausgebildet ist.
8. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Membran (6.1, 6.2) des Spiegelementes (4) rund oder oval ausgebildet ist.
9. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Anordnung von Kühlkanälen (7.1) parallel und beabstandet zueinander verläuft, wobei eine zweite Anordnung von Kühlkanälen (7.2) hierzu, vorzugsweise rechtwinklig und parallel beabstandet verläuft, so dass dazwischen jeweils karo- oder rautenartige

Stegelemente (10) gebildet sind.

abhängig separat kühlbar ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

10. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die einen Kühlkanäle (7.1) einen Winkel ( $\alpha$ ) zu einer Querachse (Q) des Spiegelementes (4) von etwa 30° bis 60°, insbesondere von 45° einschliessen und dass die rechtwinklig dazu verlaufenden zweiten Kühlkanäle (7.2) einen Winkel ( $\beta$ ) von etwa -30° bis -60°, insbesondere von -45° zur Querachse (Q) des Spiegelementes (4) einschliessen. 5
11. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Stegelemente (10) zu einer Längsachse (L) und/oder zu einer Querachse (Q) des Spiegelementes (4) diagonal verlaufen. 10
12. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zulauf (8) sowie der Ablauf (9) für die Kühlkanäle (7.1, 7.2) jeweils endseits und gegenüberliegend im Spiegelement (4) vorgesehen sind. 15
13. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass Zulauf (8) und Ablauf (9) in jeweils stirnseitigen Bereichen des Spiegelementes (4) im Bereich der Längsachse (L) vorgesehen sind. 20
14. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Membran (6.1, 6.2) mechanisch, pneumatisch, hydraulisch, piezoelektrisch zur Verformung druckbeaufschlagbar ist. 25
15. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass an die zumindest eine Membran (6.1, 6.2) eine umlaufende Zylinderwand (3) anschliesst, welche mit einer Grundplatte (2) verbunden ist, wobei zwischen Zylinderwand (3), Grundplatte (2) und Membran (6.1, 6.2) ein Innenraum (11) gebildet ist. 30
16. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass Ablauf (9) und Zulauf (8) durch die Grundplatte (2) sowie durch die Zylinderwand (3) verlaufen und an die Kühlkanäle (7.1, 7.2) anschliessen. 35
17. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenraum (11), insbesondere das Spiegelement (4) pneumatisch, hydraulisch oder piezoelektrisch mit Druck beaufschlagbar ist. 40
18. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlkanäle (7.1, 7.2) querschnittlich rechteckartig, oval, rund oder teilkreisabschnittartig ausgebildet sind. 45
19. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Oberfläche der Stegelemente (10) grösser ist, als eine Oberfläche der Kühlkanäle (7.1, 7.2). 50
20. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (6.1), fest mit der Membran (6.2) verbunden ist. 55
21. Deformierbarer Spiegel nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (6.1) mit der Membran (6.2) fest verlötet ist und ein, bezogen auf die Gesamtfläche homogen verformbares Spiegelement (4) bildet. 60
22. Deformierbarer Spiegel nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Spiegelement (4) unabhängig verformbar und un- 65

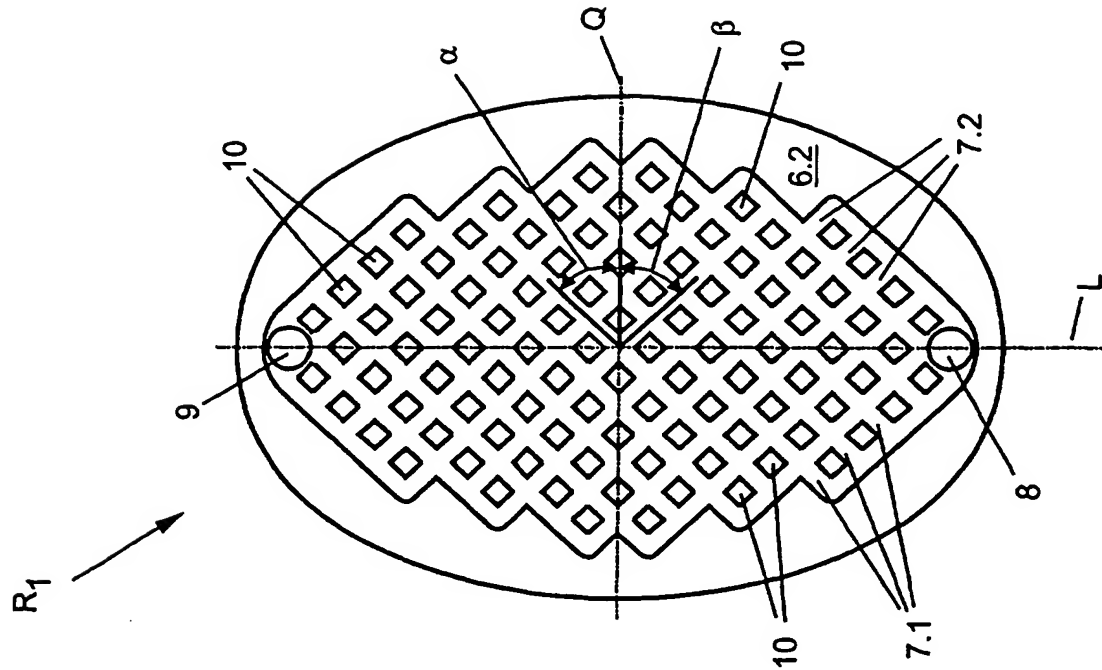


Fig. 2

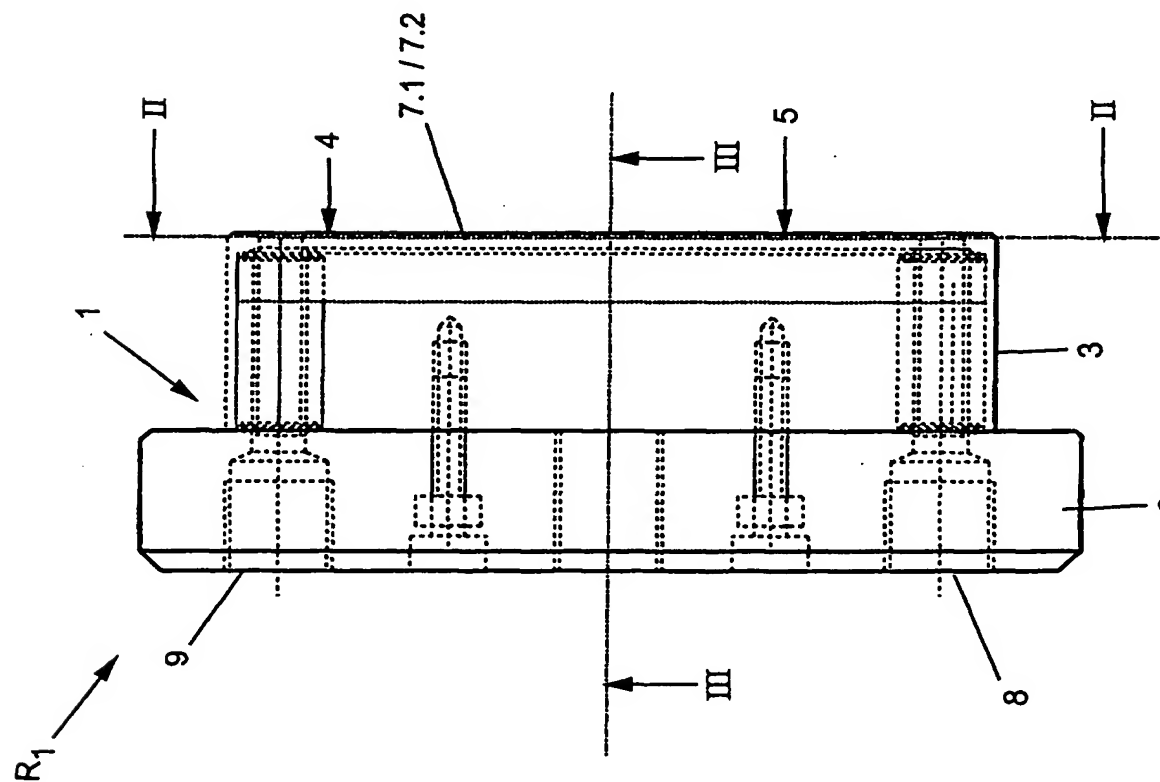


Fig. 1

Best Available Copy

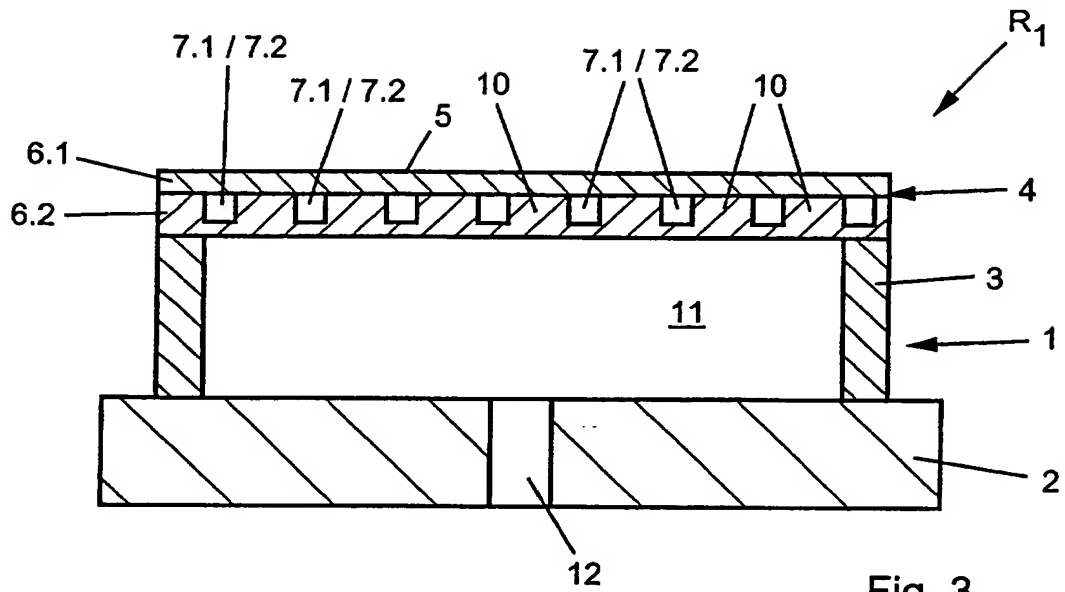


Fig. 3

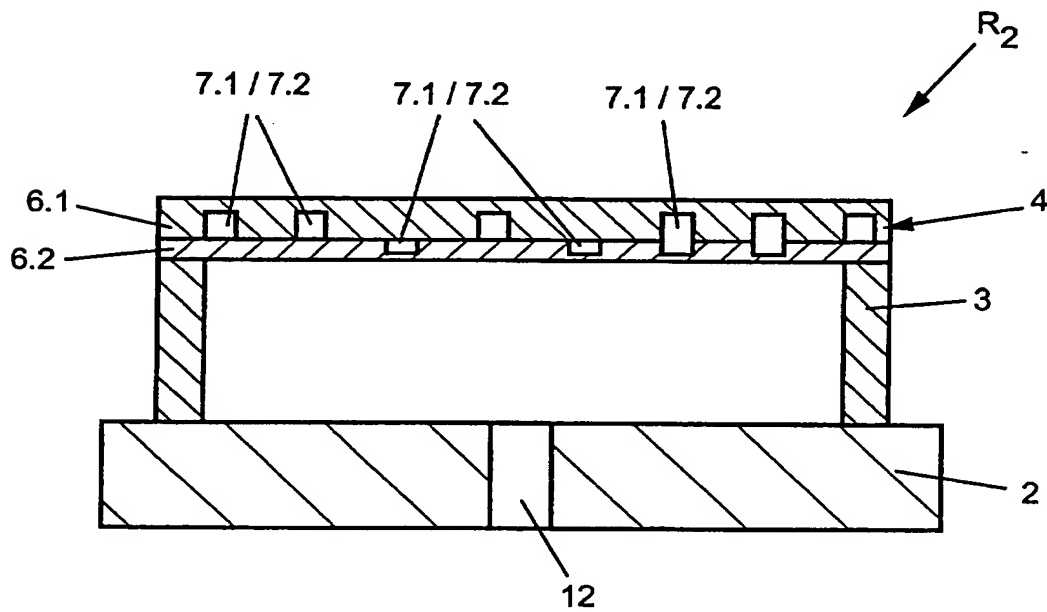


Fig. 4